

ANALISIS PERFORMANSI SUPER RESOLUSI MENGGUNAKAN METODE STATIONARY WAVELET TRANSFORM (SWT) - CENTROID BERBASIS DIGITAL IMAGE WATERMARKING

RESOLUTION SUPER PERFORMANCE ANALYSIS USING STATIONARY WAVELET TRANSFORM (SWT) – CENTROID METHOD BASED ON DIGITAL IMAGE WATERMARKING

Kahfi Fadhlan Maulana¹, Dr.Ir.Jangkung Raharjo,M.T.²,Irma Safitri,S.T.,M.T.³

Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹coffeepm@student.telkomuniversity.ac.id, ²jangkungraharjo@telkomuniversity.ac.id,

³irmasafitri@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Penyebaran konten *digital* yang begitu mudah membuat pemberian identitas sangatlah penting. Setiap orang dapat merubah dan memodifikasinya secara mudah. *Watermarking* adalah salah satu cara pemberian identitas tanpa merusak konten yang disisipi. Konten digital yang telah di *Watermark* membutuhkan resolusi yang tinggi untuk menghasilkan citra yang lebih jelas dan *detail*. Pada penelitian ini memberikan alternatif dengan teknik *super* resolusi. Tujuan utama *super* resolusi adalah untuk menghasilkan gambar resolusi tinggi dari gambar resolusi rendah menggunakan kepadatan *pixel* yang tinggi.

Metode yang digunakan pada tugas akhir ini antara lain metode SWT (*Stationary Wavelet Transform*) karena *host* tetap utuh setelah dilakukan penyisipan. Memiliki nilai kualitas PSNR yang baik, dan memiliki persepsi transparansi yang baik. dan metode *Centroid* dilakukan untuk melihat nilai tengah dari citra yang diteliti. Serta dengan menggunakan metode penyisipan QIM (*Quantization Index Modulation*). Adapun metode pada *super* resolusi menggunakan *bicubic*. Interpolasi ini menghasilkan pembesaran citra lebih halus pada bagian tepi-tepinya. *Bicubic* menggunakan 4×4 piksel tetangga untuk mengambil informasi.

Hasil penelitian ini menggunakan MATLAB, dan diuji dengan *sample image* 32 × 32. Sebagai *watermark*, serta *host* dengan ukuran 2048×2048. Dan diberi serangan *Gaussian Noise*, *Translation*, dan *Rotate*. Dari penelitian ini dilihat hasil terbaik menggunakan *bicubic* dengan nilai BER=0,1201 pada tanpa serangan, BER=0,1064 pada serangan *Gaussian Noise*, BER=0,541 pada serangan translasi, BER=0,4814 pada serangan *rotate*. Dan juga parameter lainnya PSNR, serta SSIM.

Kata kunci : *Watermarking, Stationary Wavelet Transform (SWT), Centroid, BER, SSIM, PSNR, BICUBIC*

Abstract

Dissemination of digital content is so easy that it provides an important identity. Everyone can change and modify it easily. Watermarking is one way of providing identity without damaging the inserted content. Digital content that has been watermarked requires high resolution to produce clearer and more detailed images. This research provides an alternative to the super resolution technique. The main purpose of super resolution is to produce high resolution images from low resolution images using high pixel density.

The method used in this thesis is the SWT (Stationary Wavelet Transform) method because the host remains intact after insertion. Have a good PSNR quality value, and have a good perception of transparency. and the Centroid method is performed to see the mean value of the image under study. And by using the QIM (Quantization Index Modulation) insertion method. The super resolution method uses bicubic. This interpolation results in finer image enlargement at the edges. Bicubic uses 4 × 4 neighboring pixels to retrieve information.

The results of this study used MATLAB, and were tested with a 32 × 32 sample image. As a watermark, and a host with a size of 2048 × 2048. And given a Gaussian Noise, Translation, and Rotate attack. From this study the best results are seen using a bicubic with a value of BER = 0.1201 on no attacks, BER = 0.1064 on Gaussian Noise attacks, BER = 0.541 on translational attacks, BER = 0.4814 on rotate attacks. And also other parameters PSNR, as well as SSIM.

Keywords: *Watermarking, Stationary Wavelet Transform (SWT), Centroid, BER, SSIM, PSNR, BICUBIC*

1. Pendahuluan

Seiring dengan berkembangnya waktu, teknologi *digital* berkembang sangat cepat. Keaslian informasi dalam berbagai bentuk dan media tidak lagi terjaga. Karena setiap orang dapat mengubah maupun menyebarkannya secara luas dan tidak bertanggung jawab.

Oleh karena itu butuh suatu teknik untuk mengabsahkan keaslian dari informasi tersebut. Tanda air atau biasa disebut *Watermarking* dapat diartikan sebagai teknik penyisipan dan menyembunyian informasi yang bersifat rahasia pada suatu data lainnya untuk ditumpangi atau yang biasa disebut *host*. Tetapi orang lain tidak menyadari adanya kehadiran data pada *host*-nya. Sehingga tidak ada perbedaan yang cukup signifikan sebelum dan sesudah proses *watermarking*.

Resolusi citra menggambarkan *detail* dari suatu citra, semakin tinggi resolusi citra semakin tinggi ketajamannya. Citra yang beresolusi tinggi ini menghasilkan gambar yang lebih jelas dan *detail*. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Stationary Wavelete Transform* (SWT). Penelitian [1] mengusulkan metode berbasis SWT karena *host* tetap utuh setelah dilakukan penyisipan. Memiliki nilai kualitas PSNR yang baik, dan memiliki persepsi transparansi yang baik. metode ini dapat mampu mengisi kekurangan dari metode *watermarking* lain, metode lain tidak memiliki *shift invariant* seperti SWT [1]. selain itu dalam penelitian ini menggunakan metode *centroid*. Metode *centroid* ini termasuk metode pada sistem defuzzifikasi dalam pokok bahasan sistem *fuzzy*. Metode *centroid* menetapkan nilai crisp dengan cara mengambil titik pusat daerah *fuzzy*. Adapun pada proses *super* resolusi menggunakan metode interpolasi bicubic. Interpolasi bicubic akan menghasilkan citra yang lebih halus pada bagian tepi citra. bicubic ini menggunakan 4×4 pixel tetangga untuk mengambil informasi sehingga citra terlihat lebih tajam. Pada penelitian ini akan dilakukan beberapa serangan Dan akan didapati hasil dari *super* resolusi dilihat dari BER, PSNR dan SSIM.

2. Dasar Teori

2.1 Pengertian Watermarking

Watermarking merupakan suatu bentuk dari *Steganography*, yaitu ilmu yang mempelajari bagaimana menyembunyikan suatu data pada data yang lain. *Watermarking* (tanda air) ini agak berbeda dengan tanda air pada uang kertas. Tanda air pada uang kertas masih terlihat oleh indera manusia [4]. (dalam posisi kertas tertentu), tetapi *Watermarking* pada *media digital* tak akan dirasakan kehadirannya oleh manusia tanpa alat bantu mesin pengolah *digital* seperti komputer.

Watermarking ini memanfaatkan kekurangan-kekurangan sistem indera manusia seperti mata dan telinga. Dengan adanya kekurangan inilah, metode *Watermarking* ini dapat diterapkan pada berbagai data *digital*. Jadi *Watermarking* merupakan suatu cara untuk menyembunyikan atau menanam suatu data/informasi tertentu ke dalam suatu data *digital* lainnya, tetapi tidak diketahui kehadirannya oleh indera manusia.

2.2 Stationary Wavelet Transform (SWT)

Stationary Wavelet Transformation (SWT) memiliki konsep yang mirip dengan *Discrete Wavelet Transformation* (DWT) walaupun tetap pada *domain* yang sama, namun perbedaannya adalah tidak dilakukan *downsampling* di setiap *step* dekomposisinya [5]. Karena itu SWT memiliki nama lain *Undecimated Wavelet Transformation* (*undecimated* sendiri memiliki makna tidak dilakukannya *downsampling*).

Transformasi *wavelet* sendiri berfungsi untuk memperlebar sinyal *digital* ke dalam bentuk *domain wavelet*. Tujuannya adalah untuk mendapatkan informasi yang tidak muncul pada *domain* aslinya (umumnya waktu) [5]. Dekomposisi dilakukan untuk mendapatkan sinyal pada frekuensi tinggi dan rendah dengan cara melewatkan sinyal informasi ke *High Pass Filter* (HPF), $G(z)$, dan *Low Pass Filter* (LPF), $H(z)$. Yang membedakan SWT dengan DWT adalah tidak adanya operator down sampling pada SWT

2.3 Centroid

Pada metode ini, solusi crisp diperoleh dengan cara mengambil titik pusat (z^*) daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan [8].

$$C_i = \frac{\sum_{j=1}^Y h_j(C_i)}{\sum_{j=1}^Y h_j(C_i)}$$

C_i = Centroid pada baris ke- i

Y = panjang array

$H(y)$ = profile pada panjang array ke- y

2.4 Super Resolusi

Teknik citra super resolusi adalah salah satu teknik untuk mendapatkan citra yang beresolusi tinggi dari sekumpulan citra yang beresolusi rendah. Resolusi tinggi yang dihasilkan dapat berupa citra tunggal atau lebih. Citra resolusi tinggi didapat dari sekumpulan resolusi rendah yang diambil dari *scene* (adekan) yang sama. Karena dari *scene* yang sama akan menyediakan informasi yang mungkin dapat digunakan untuk merekonstruksi citra resolusi tinggi [8]. Berdasarkan *output* yang dihasilkan (*High Resolution*), super resolusi dibedakan menjadi 2, yaitu super resolusi statis dan super resolusi dinamis. [9].

2.5 Bicubic

Interpolasi *bicubic* adalah bagian dari interpolasi kubik untuk interpolasi data dalam bentuk dua dimensi. Interpolasi ini menghasilkan pembesaran citra lebih halus pada bagian tepi-tepinya daripada interpolasi bilinear. *Bicubic* menggunakan 4×4 piksel tetangga untuk mengambil informasi. Persamaan interpolasi konvolusi *bicubic* dituliskan sebagai berikut [11].

$$I(x, y) = \frac{1}{16} \sum_{u=-1}^1 \sum_{v=-1}^1 I(x+u, y+v) S(u) S(v)$$

$I(x+u, y+v)$ = nilai gray pada piksel
 $S(u)$ = variasi dari axis x
 $S(v)$ = variasi dari axis y

2.6 PSNR (Peak To Signal Noise Ratio)

PSNR adalah perbandingan antara nilai maksimum dan minimum dari kedalaman bit citra yang diukur (citra 8 bit, mempunyai nilai maksimum 255) dengan besarnya *noise* yang berpengaruh pada sinyal tersebut. Dalam hal ini, besarnya *noise* diwakili oleh nilai MSE. PSNR biasanya diukur dalam satuan desibel (db). PSNR digunakan untuk mengetahui perbandingan kualitas citra sebelum dan sesudah di proses.

$$PSNR = 20 \log_{10} \left(\frac{255}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (2.3)$$

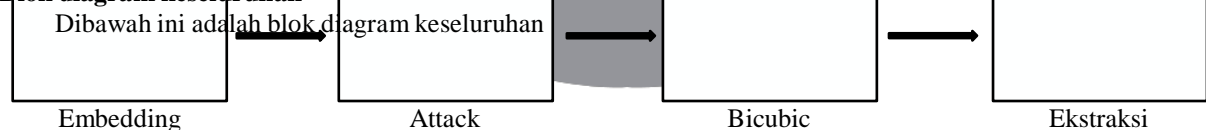
2.7 BER (BitErrorRate)

BER adalah perbandingan antara jumlah bit yang diterima salah dengan jumlah total bit yang diterima. Pengukuran BER ini spesifik hanya pada sistem komunikasi digital dan diukur pada level baseband [13].

$$BER = \frac{\text{Number of bits in error}}{\text{Total number of bits transmitted}} \times 100\%$$

3. Perancangan Sistem

3.1 Blok diagram keseluruhan



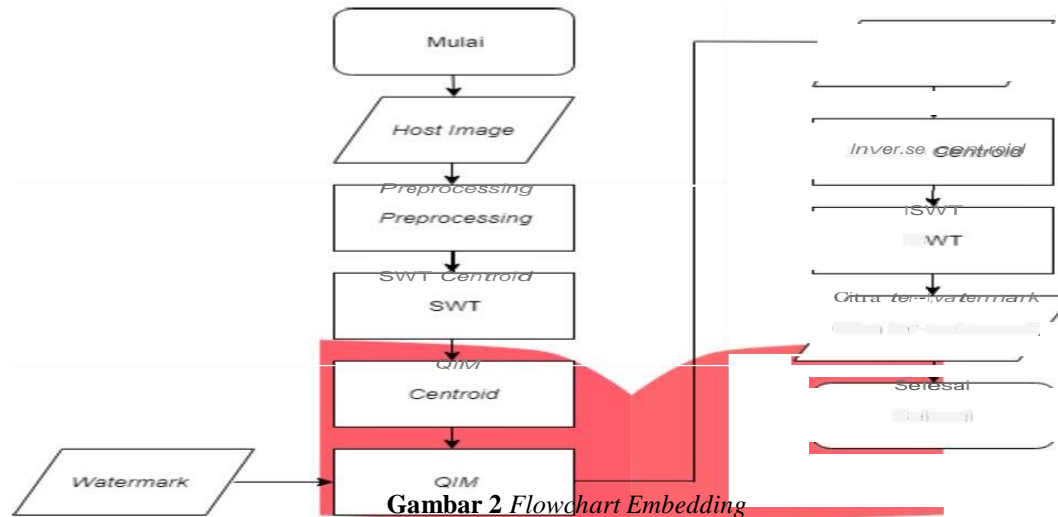
Gambar .1 Blok diagram keseluruhan

Gambar 1 menjelaskan sistem secara keseluruhan, mulai dari proses penyisipan hingga proses pengekstraksian. Dapat dilihat pada gambar 1 bahwa *cover image* akan dilakukan penyisipan oleh *data* berupa *image*. Lalu selanjutnya akan diterapkan sistem yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu metode *Stationary Wavelet Transform* (SWT) – *Centroid* dan dilakukan proses penyisipan pesan berupa *image*. Teknik penyisipan pada penelitian ini menggunakan metode *Quantization Index Modulation* (QIM). Kemudian dilakukan serangan *resize* terhadap pesan untuk mengetahui kualitas *citra digital* jika diterapkan menggunakan sistem tersebut. Setelah dilakukan serangan terhadap citra, sistem akan melakukan proses perbesaran *resize* sehingga, setelah serangan *resize* sistem akan mendapatkan hasil yang baik dari serangan yang sebelumnya.

Setelah itu sistem akan melakukan proses ekstraksi, dari kedua proses sebelumnya. Dan dapat diketahui hasil dari proses tersebut dengan melihat parameter performansi sistem berupa *Bit Error Rate* (BER), *Structural Similiarity Index Metric* (SSIM), dan *Peak To Signal Noise Ratio* (PSNR).

3.2 Flowchart Embedding

Berikut merupakan proses penyisipan data berupa Image terhadap cover citra. Dibawah ini adalah alur proses penyisipan watermark citra digital:

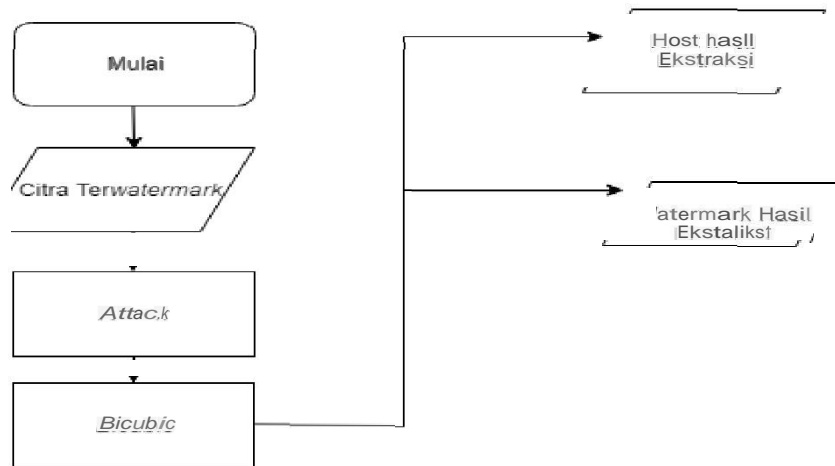


Gambar 2 Flowchart Embedding

- Langkah 1: Membaca *Host* dan *Watermark image* pada penelitian ini digunakan *Host* dengan ukuran 2048x2048 serta *watermark* dengan ukuran 32x32.
- Langkah 2: Dilakukan proses *preprocessing* di *cover* berupa *resize* dan merubah ke *gray* dan *preprocessing* di *watermark*
- Langkah 3: Lakukan proses *SWT* dengan meneliti di 4 macam koefisien *wavelet* yang akan dilihat hasilnya. Koefisien *wavelet* berupa: *Approximation*, *Horizontal*, *Vertical*, dan *Diagonal*.
- Langkah 4: Lakukan proses *centroid* untuk mendapati hasil dari nilai tengah
- Langkah 5: Lakukan proses penyisipan dengan metode *QIM* antara *Watermark* dengan *Host*
- Langkah 6: Dilakukan proses *Inverse Centroid*
- Langkah 7: Dilakukan proses *Inverse SWT*
- Langkah 8: Didapati hasil *host terwatermark*

3.3 Flowchart Ekstraksi

Proses Ekstraksi adalah proses pengambilan kembali pesan rahasia yang telah disisipkan kedalam cover image. Sebelum dilakukan proses ekstraksi, image harus melalui proses yang sama pada sisi pengirim.



Gambar 4 Flowchart Ekstraksi

Proses ekstraksi pada gambar 4 dijelaskan seperti berikut:


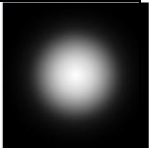



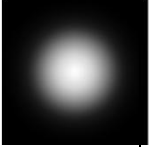
- Langkah 1: Pembacaan hasil dari *watermark* yang telah didapati dari hasil *embedding*
- Langkah 2: Adanya serangan dari *Gaussian Noise*, *Translation*, dan *Rotate*
- Langkah 3: Dilakukan proses *Super Resolusi* dengan menggunakan *Bicubic*
- Langkah 4: Dihasilkan *Host* hasil dari *bicubic* dan *Watermark* hasil dari *bicubic* Dan didapati hasil dari BER, PSNR, dan SSIM

4. Hasil Percobaan dan Analisa

4.1 Skenario Tanpa Serangan

Citra host yang digunakan adalah “Balloon.jpg” dan “Light.jpg” yang memiliki ukuran 2048×2048 piksel, subband SWT pada frekuensi LL, level SWT bernilai 1, citra *watermark* berukuran 32×32 piksel lalu disisipkan ke dalam citra *host* untuk melihat perbandingan nilai BER, SSIM dan PSNR-nya. Serta dengan membandingkan hasil ekstraksi dengan bicubic dan tanpa bicubic

Tabel 4.1 Pengujian Citra Ekstraksi Tanpa Serangan


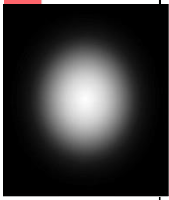

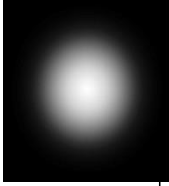


Nilai	BER	PSNR	SSIM	Hasil Uji	BER	PSNR	SSIM	Hasil Uji
32×32	0,1201	96,8998	0,7582			96,4908	0,9114	
64×64	0,1807	91,028	0,6368			90,5351	0,9147	
128×128	0,3066	85,3466	0,3826		0,1748	85,1601	0,642	

Tabel 4.1 adalah data yang diambil dari citra yang telah dilakukan proses *embedding* dengan menggunakan bicubic, dengan nilai *watermark* 32×32 , 64×64 dan 128×128 dapat disimpulkan bahwa citra *watermark* mengalami perubahan setelah proses ekstraksi dilihat dari nilai BER, PSNR dan SSIM nya berubah-ubah. Semakin besar piksel *watermark*, semakin buruk/kecil pula nilai yang dihasilkan oleh BER, PSNR dan SSIM jika dilihat dari hasil pengujiannya, tidak terlihat secara kasat mata dikarenakan pesan yang di embed, sudah disembunyikan dengan baik dilihat dari BER, PSNR dan SSIMnya.

4.2 Ketahanan Watermark Terhadap Serangan Gaussian Noise

Citra host yang digunakan adalah "Balloon.jpg" dan "Light.jpg" yang memiliki ukuran 2048×2048 piksel, *subband* SWT pada frekuensi LL, *level* SWT bernilai 1, citra *watermark* berukuran 32×32 piksel lalu disisipkan ke dalam citra *host* untuk melihat perbandingan nilai BER, SSIM dan PSNR-nya

Tabel 4.2 Pengujian Hasil Ekstraksi Dari Serangan *Gaussian Noise*







Nilai	BER	PSNR	SSIM	Hasil Uji	BER	PSNR	SSIM	Hasil Uji
3	0,1094	33,6438	0,7785		0,0254	60,0114	0,9481	
4	0,1064	30,3205	0,7859		0 -	58,1636	0,5151	
5	0,1328	29,4034	0,7340		0 -	58,5168	0,9363	

Tabel 4.2 adalah data yang diambil dari citra yang telah mengalami proses *embedding* dengan menggunakan bicubic dengan nilai PSNR dan BER terbaik lalu diberi serangan berupa *Gaussian Noise* dengan nilai serangan 3, 4 dan 5. Dilihat dari tabel 4.7 dengan diberi serangan *Gaussian Noise*, dapat disimpulkan bahwa pada citra pertama nilai terbaik di dapati oleh citra dengan serangan *Gaussian Noise* bernilai 4. Dilihat dari parameter BER yang lebih baik dengan yang lainnya. Lalu pada citra kedua nilai terbaik didapati oleh citra dengan serangan *Gaussian Noise* bernilai 3 dengan BER 0,0254. Nilai PSNR dan SSIM nya pun berbeda-beda dengan jenis nilai serangannya. Jika dilihat dari hasil pengujiannya, semakin besar nilai *Gaussian Noise* nya, citra akan semakin lebih *blur* dan nilai parameternya makin besar.

4.3 Ketahanan Watermark Terhadap Serangan Translation

Citra host yang digunakan adalah "Balloon.jpg" dan "Light.jpg" yang memiliki ukuran 2048×2048 piksel, *subband* SWT pada frekuensi LL, *level* SWT bernilai 1, citra *watermark* berukuran 32×32 piksel lalu disisipkan ke dalam citra *host* untuk melihat perbandingan nilai BER, SSIM dan PSNR-nya.

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Citra Terhadap Serangan Translation



Nilai	BER	PSNR	SSIM	Hasil Uji	BER	PSNR	SSIM	Hasil Uji
[5 5]	0,54 1	21,26 22	0,028 4		0,552 7	45,59 23	0,085 7	
[10 10]	0,56 74	19,59 15	0,036 3		0 2	40,18 23	0,333 3	
[15 15]	0,57 91	18,51 26	0,704			36,80 52	0,184 6	





Tabel 4 adalah data yang diambil dari citra yang telah mengalami proses *embedding* dengan menggunakan bicubic. Dengan nilai PSNR dan BER terbaik lalu diberikan serangan berupa Translation dengan nilai sebesar [5 5], [10 10], [15 15]. Maksud nilai serangan translation disini adalah, pergeseran piksel sebanyak 5 baris dan 5 kolom, 10 baris dan 10 kolom, serta 15 baris dan 15 kolom. Dapat disimpulkan bahwa pada citra pertama nilai BER yang dihasilkan semakin besar pergeseran piksel, semakin buruk pula hasil BER yang didapati. PSNR relatif sama dikarenakan menggunakan watermark yang sama serta nilai SSIM yang semakin besar pergeseran piksel, semakin buruk SSIM yang didapati. Beda halnya dengan citra *host* kedua, nilai BER & SSIM yang dihasilkan tidak konsisten dilihat dari nilai [10 10] bernilai 0,3242 turun dari [5 5] 0,5527 yang sebelumnya. Secara kasat mata, dapat dilihat pergeseran piksel dari gambar pertama, citra yang dihasilkan akan lebih bergeser sesuai dengan nilai parameter *translation*-nya. Semakin besar nilai translasi, maka citra akan bergeser jauh

4.4 Ketahanan Watermark Terhadap Serangan Rotate

Citra *host* yang digunakan adalah "Balloon.jpg" dan "Light.jpg" yang memiliki ukuran 2048×2048 piksel, subband SWT pada frekuensi LL, level SWT bernilai 1, citra *watermark* berukuran 32×32 piksel lalu disisipkan ke dalam citra *host* untuk melihat perbandingan nilai BER, SSIM dan PSNR-nya.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Citra Terhadap Serangan Rotate

Nilai	BER	PSNR	SSIM	Hasil Uji	BER	PSNR	SSIM	Hasil Uji
90°	0,4814	10,155 4	0,0208		0,531 3	96,490 8	0,040 5	

180°	0,5186	11,097 6	0,0336		0,529 3	96,490 8	0,043 2	
270°	0,4951	10,155 4	0,0028		0,538 1	48,799 8	0,032 3	

Tabel 4.4 adalah data yang diambil dari citra yang telah mengalami proses *embedding* dengan menggunakan bicubic. Dengan nilai PSNR dan BER terbaik lalu diberi serangan berupa *rotate* dengan nilai serangan 45°, 90°, 180°. Dapat dilihat bahwa pada citra satu, semakin kecil nilai sudut rotasi, semakin kecil/buruk pula BER yang dihasilkan. Nilai PSNR relatif sama dikarenakan meneliti di watermark yang memiliki jumlah piksel yang sama satu dengan yang lainnya. Dan pada citra kedua, sama seperti citra pertama, semakin kecil nilai sudut rotasi, maka semakin kecil pula BER yang dihasilkan. Motif nilai PSNR dan SSIM cenderung sama dengan citra pertama. Lalu secara kasat mata dapat dilihat kerusakan BER yang signifikan dilihat dari gambar maupun dari nilai BER-nya.

5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dibahas pada bab sebelumnya, penelitian ini menggunakan *Host* dengan ukuran 2048x2048, Subband SWT LL, *level* SWT bernilai 1, dan menggunakan *watermark* 32x32. Hasil ini didapati dari skenario proses pencarian penyisipan yang terbaik. Metode SWT atau *Stationary Wavelet Transform – Centroid*, dapat dihasilkan hasil *super* resolusi yang cukup baik setelah diadakan serangan maupun tidak. Pada penelitian ini hasil yang dihasilkan pada tanpa serangan paling baik pada ukuran 32x32, Pada *Host* 1 (*Galaxy*) maupun *Host* 2 (*Light*). Pada serangan *Gaussian Noise* hasil paling baik yang dihasilkan *Host* 1 adalah pada *Gaussian Noise* bernilai 4 yang dilihat dari nilai BER nya. Sedangkan pada *host* 2 hasil yang paling baik dihasilkan pada nilai *gaussian noise* bernilai 3. Pada serangan translasi keseluruhan citra *Host* memiliki BER yang besar. Tetapi nilai yang paling baik setelah diamati berada pada translasi [5 5]. Pada serangan *Rotate*, nilai yang paling baik dihasilkan oleh *host* 1, pada 90°. Sedangkan pada *Host* 2 nilai paling baik pada 180°. Dilihat pada parameter BER, PSNR dan SSIMnya, maka dapat ditarik kesimpulan, bahwa sistem watermarking menggunakan metode SWT – *Centroid* dapat dilakukan dengan baik. Dan *Super* Resolusi menggunakan *bicubic* pada penelitian ini dapat meng-enhance hasil ekstraksi. Dan dapat tahan terhadap serangan.

5.2 Saran

Saran yang dapat digunakan untuk perkembangan penelitian Tugas Akhir selanjutnya, yaitu:

1. Pengembangan metode *super* resolusi lain selain SWT-CENTROID
2. Pengembangan terhadap serangan *resize* lainnya
3. Pengembangan terhadap *host* dan *watermark* selain dari penulis gunakan

Daftar Pustaka

- [1] N. Kundu and A. Kaur, "A Secure Approach to Audio Steganography," *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol 44, no. 1, pp. 1-7, 2017.
- [2] D. Putra, *Pengolahan Citra Digital*, Yogyakarta: C.V. ANDI, 2010.
- [3] A. Khadir and A. Susanto, *Pengolahan Citra, Teori dan Aplikasi*, Yogyakarta: C.V. Andi, 2012.
- [4] C. M. Pun and X. C. Yuan, "Robust Segments Detector for De-Synchronization," *IEEE Transactions On Audio, Speech, And Language Processing*, vol. 21, pp. 2412-2423, November 2013.
- [5] W. Adriani "Aplikasi Watermarking Untuk Melindungi Hak Cipta Pada File Gambar Digital Dengan Menggunakan Matlab," Mei 2011
- [6] J. E. Fowler, "The Redundant Discrete Wavelete Transform and Additive Noise," *IEEE Signal Processing Letters*, vol 12, no. 9 pp. 629-632, September 2005
- [7] D. L. Ward, "Redundant Discrete Wavelete Transform Based Super Resolution Using Sub-Pixel Image Registration." *Air Force Inst Of Tech Wright-Patterson AFB Oh School Of Engineering And Management*, vol. 1, no. 1, pp. 1-72 March 2003

- [8] S. Padhiary, "Digital Watermarking Based on Redundant Discrete Wavelete." *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, vol 3, no 2, pp. 431-434 February 2013.
- [9] J. P. Mosiganti, J. M. Kezia and V. K. V., "Morphological Multiscale Stationary Wavelete Transform Based Texture Segmentation." *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing (IJIGSP)*, vol. 6, no. 8. pp. 32-39, July 2014
- [10] S. Priyo "Sistem Inferensi Fuzzy," 2007.
- [11] S. Chauduri, N.P. Galatsanos and B.C. Tom, *Super Resolution Imaging in Reconstruction of a High Resolution Image From Low Resolution image*. Kluwer Academic Publisher, London, 2001.
- [12] Robert Ari Sandi, "Super-Resolusi Berdasar Pada Fast Registrasi dan Rekontruksi Maximum Posterioril," Institut Teknologi Sepuluh Nopember. 2009
- [13] S. Mann, and R. Picard, "Virtual Bellows: Constructing High Quality Stills from ideol, *Proc. IEEE Int'l Conf. Image Processing*," 1994.
- [14] P.A. Legg, P.L. Rosin, D. Marshall and J.E. Morgan. —A Robust Solution to Multi-modal Image Registration by Combining Mutual Information with Multi-scale Derivativesl. *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2009 [Lecture Notes in Computer Science, 2009, Volume 5761/2009, 616-623]*.
- [15] R.C. Gonzales and R.E. Woods, *Digital Image Processing*. Prentice-Hall Inc, New Jersey, 2002.
- [16] P. N Andono, T. Sutojo, Muljono, "Pengolahan Citra Digital," Yogyakarta, 2017.
- [17] N. Khademi, M. A. Akhaee, S. M. Ahadi, M. Moradi, and A. Kashi, "Audio Watermarking based on Quantization Index Modulation in the frequency domain", *ICSPC 2007 Proc. - 2007 IEEE Int. Conf. Signal Process. Commun.*, no. November, pp. 1127–1130, 2007.

